



Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 08/01/2018

Ngày phân biên đánh giá và sửa chữa: 15/03/2018

Ngày bài báo được duyệt đăng: 20/03/2018

Tóm tắt:

Việc ứng dụng logic mờ trong các bài toán điều khiển đã được nghiên cứu, sử dụng rất rộng rãi. Tuy nhiên, trong lĩnh vực chẩn đoán kỹ thuật, việc nghiên cứu, ứng dụng Logic mờ còn rất hạn chế. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu, ứng dụng logic mờ trong việc chẩn đoán, đánh giá trạng thái kỹ thuật của động cơ đốt trong. Nghiên cứu cho thấy, việc ứng dụng logic mờ để chẩn đoán trạng thái kỹ thuật động cơ rất thuận lợi, nhanh chóng và hiệu quả. Mức độ chính xác của kết quả chẩn đoán bằng logic mờ phụ thuộc vào việc lựa chọn đúng các thông số chẩn đoán, hàm phụ thuộc và xây dựng được bảng tập luận hợp lý. Sử dụng logic mờ trong chẩn đoán đặc biệt có hiệu quả đối với phần cơ khí của động cơ.

Từ khóa: Logic mờ, Chẩn đoán trạng thái.

1. Đặt vấn đề

Việc chẩn đoán để phát hiện và dự báo sớm trạng thái kỹ thuật của động cơ đốt trong nhằm tăng hiệu quả sử dụng, kéo dài tuổi thọ của động cơ là hết sức cần thiết, đặc biệt trong công tác sửa chữa, việc xác định đúng các hư hỏng của động cơ mà không phải tháo rời có một ý nghĩa kinh tế rất lớn. Tuy nhiên công tác chẩn đoán, xác định trạng thái kỹ thuật còn lại của động cơ hoặc những hư hỏng trong một số bộ phận động cơ ở nước ta hiện nay còn gặp nhiều khó khăn do chưa có phương pháp chẩn đoán hiệu quả.

Logic mờ là phương pháp được nghiên cứu ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: Điều khiển học, kỹ thuật số hóa, chẩn đoán kỹ thuật... Tuy nhiên việc ứng dụng logic mờ trong chẩn đoán động cơ đốt trong ở nước ta còn rất mới mẻ. Hiện chỉ có một vài công trình nghiên cứu trong phạm vi hẹp về vấn đề này. Việc nghiên cứu ứng dụng logic mờ để chẩn đoán trạng thái kỹ thuật của động cơ đốt trong sẽ mang lại hiệu quả thiết thực trong thực tế sản xuất và đào tạo cũng như nghiên cứu chuyên ngành.

2. Cơ sở lý thuyết

Logic mờ là một phương pháp để biểu diễn và xử lý thông tin trong các hệ thống có các sự kiện không rõ ràng. Đặc biệt trong lĩnh vực chẩn đoán, có thể biểu diễn và xử lý các kiến thức giải tích hay xác suất ở dạng các thuật toán logic mờ. Thuật toán lựa chọn để thực hiện chẩn đoán trạng thái kỹ thuật của động cơ dựa trên các triệu chứng trong trường hợp này là thuật toán logic AND và luật IF - THEN với toán tử Minimum.

Việc sử dụng logic trong chẩn đoán kỹ thuật giúp con người có khả năng suy luận và nhanh chóng

đưa ra các kết luận hợp lý về tình trạng kỹ thuật của đối tượng bao gồm kết luận: tốt, xấu; hỏng, không hỏng. Mặt khác con người dễ tạo nên suy luận logic bằng máy tính, thông qua việc xây dựng mạng trí tuệ nhân tạo dùng trong công tác chẩn đoán tình trạng kỹ thuật. Có thể sử dụng luật trong logic thực chất là sử dụng lý luận “nhân quả” trong việc suy luận. Nhờ đại số “Boole” các bài toán logic được xem xét thuận lợi và nhanh chóng hơn, đặc biệt khi thông tin chẩn đoán (là các véc tơ trạng thái của các đối tượng) gia tăng.

Trạng thái kỹ thuật của đối tượng được xác định bằng hàm Boole, hàm này tương ứng với trạng thái 0,1 (hỏng hay không hỏng) của nó. Sử dụng toán logic để diễn tả mối quan hệ triệu chứng – hư hỏng bằng hàm logic với các biến logic.

* Biến logic

Biến logic biểu thị hai trạng thái hay hai tính chất đối lập nhau (0,1) như: tốt và xấu, đúng và sai, có và không... Khi chẩn đoán chúng ta có: các thông số trạng thái, thông số biểu hiện là các biến logic.

- Các thông số trạng thái kỹ thuật là tập dữ liệu và ký hiệu:

$$H_j = \{h_1; h_2; h_3; \dots; h_n\}$$

- Các thông số biểu hiện dùng để chẩn đoán là tập dữ liệu và ký hiệu:

$$C_i = \{c_1; c_2; c_3; \dots; c_n\}$$

Các thông số này tạo lập thành các thông số chẩn đoán.

Trong chẩn đoán động cơ, các biến logic là thông số trạng thái kỹ thuật động cơ như: mòn vòng găng động cơ, mòn bạc biên, bạc cổ trục chính, mòn,... hay là các thông số chẩn đoán như: công suất động cơ, vận tốc, lượng tiêu hao nhiên liệu, lượng tiêu hao dầu nhớt....

* Hàm logic

Hàm được gọi là hàm logic nếu như hàm của các tập biến logic chỉ lấy hai giá trị 0 hoặc 1.

Các đại lượng C_i , H_j chỉ quan hệ với nhau bằng các giá trị đúng (ký hiệu: 1) hoặc sai (ký hiệu: 0) theo các hàm tương quan:

$$H_j = g(C_i) \text{ hoặc } C_i = f(H_j)$$

Các hàm tương quan thực hiện trên cơ sở phép toán cơ bản của đại số “Boole”, đó là: Phép cộng logic (phép tuyển), Phép nhân logic (phép hội).

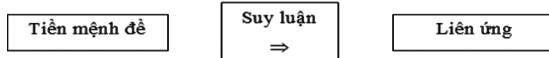
Việc tiến hành suy luận trong quá trình thực hiện các phép tính có thể tổng quát thành các khái niệm; tiền mệnh đề, suy luận và liên ứng.

- Tiền mệnh đề là các điều kiện vào của bài toán suy luận, số lượng các mệnh đề có thể một hay nhiều, chúng có thể ràng buộc với nhau bởi các phép tính như: AND, OR, NOT...

- Liên ứng là điều kiện ra của kết luận, nó chính là các đích cần tiến tới của bài toán. Với một phép suy luận trong logic hai giá trị thì chỉ có một liên ứng, còn trong logic nhiều giá trị có thể có nhiều liên ứng tùy theo khái niệm đặt ra.

- Suy luận được thực hiện là các luật suy luận tiến hành trong bài toán, suy luận có thể theo các phương pháp khác nhau và kết quả của nó cũng khác nhau, phụ thuộc vào mục đích suy luận.

Có thể tóm tắt bằng mối quan hệ tổng quát:



3. Ứng dụng logic mờ trong chẩn đoán trạng thái kỹ thuật động cơ

Để ứng dụng logic mờ trong chẩn đoán trạng thái kỹ thuật của động cơ cần tiến hành theo các bước sau:

1. Phân tích các thông số chính trong động cơ để lựa chọn thông số chẩn đoán.
2. Lựa chọn hàm phụ thuộc.
3. Xác định thuật toán chẩn đoán.
4. Xác định các biến mờ.
5. Xác định cơ sở tri thức của logic mờ bằng cách lập bảng giá trị dựa vào kiến thức chuyên gia.
6. Vẽ đồ thị các biến mờ độc lập.
7. Xây dựng bảng luật phù hợp (xây dựng các luật điều khiển).
8. Ứng dụng fuzzy logic trong phần mềm Matlab.

3.1. Lựa chọn các thông số chẩn đoán động cơ

Để chẩn đoán trạng thái động cơ ta sử dụng các thông số chẩn đoán sau đây:

- C_1 . Công suất động cơ.
- C_2 . Thay đổi thành phần và màu sắc khí

xả.

- C_3 . Độ tăng lượng cung cấp nhiên liệu (ge).
- C_4 . Áp suất cuối kỳ nén (P_c).
- C_5 . Áp suất dầu bôi trơn.
- C_6 . Độ ổn định cơ.

3.2. Lựa chọn hàm phụ thuộc

Để mô tả các vùng triệu chứng đóng kín, chọn hàm phụ thuộc hình thang, xác định bởi giá trị trung bình, khoảng giá trị trên và dưới cũng như bên cạnh của nó. Tính chất tăng giảm không giới hạn của triệu chứng được mô hình hóa bởi các hàm bậc thang mở trên và mở dưới. Việc định dạng hàm phụ thuộc được thực hiện trên cơ sở các số liệu thống kê của triệu chứng hoặc nhờ kinh nghiệm chuyên gia. Do đã được chuẩn hóa nên tất cả các triệu chứng sẽ có các hàm phụ thuộc giống nhau cho các giá trị ngôn ngữ như nhau. Khi xếp chồng các hàm phụ thuộc nằm cạnh nhau cần chú ý rằng, nếu chập vùng quá lớn sẽ dẫn đến làm giảm tính chính xác của kết quả chẩn đoán.

3.3. Xác định thuật toán chẩn đoán

Thuật toán chẩn đoán được xây dựng trên cơ sở quan hệ hư hỏng - triệu chứng đã được lưu giữ trên máy tính, trong đó cho biết dấu hiệu quan hệ của tất cả các triệu chứng đối với một hư hỏng xác định. Thuật toán lựa chọn để thực hiện chẩn đoán trạng thái kỹ thuật của động cơ và tìm hư hỏng dựa trên các triệu chứng trong trường hợp này là thuật toán logic AND và luật IF – THEN [12].

3.4. Xác định các biến mờ

Để chẩn đoán trạng thái kỹ thuật của động cơ, có thể lựa chọn các biến mờ gồm 6 biến vào và một biến ra. Biến vào là các thông số chẩn đoán đã xác định được bằng cách phân tích các thông số chính trong động cơ. Biến ra là trạng thái kỹ thuật tổng thể của động cơ chẩn đoán. Bảng 3.1 giới thiệu các biến mờ đã chọn để chẩn đoán trạng thái kỹ thuật của động cơ diesel.

3.5. Cơ sở tri thức

Cơ sở tri thức của bài toán chẩn đoán trạng thái kỹ thuật động cơ là xây dựng các khái niệm và xác định khoảng giá trị của các biến mờ. Các biến vào và biến ra được định nghĩa rõ ràng thông qua các khái niệm với các mức biểu hiện cụ thể. Các khái niệm về mức biểu hiện của các biến mờ được kí hiệu ngắn gọn để thuận lợi khi đưa vào phần mềm Matlab. Các thông số hàm phụ thuộc chọn theo dạng hình thang với các đặc điểm đặc trưng cho các mức giá trị là: α , β , γ , δ . Để tăng độ tin cậy của kết

quả chẩn đoán, mỗi biến vào được chọn với 3 hoặc 4 tập mờ con, biến ra được chọn với 6 tập mờ con. Bảng 3.2 thể hiện các khái niệm và khoảng xác định của các biến mờ đã lựa chọn trong bài toán chẩn đoán trạng thái của động cơ diesel.

Bảng 3.1. Bảng các biến mờ

Tên biến ngôn ngữ	Kiểu biến	Số thứ tự biến	Đơn vị
Công suất động cơ (C_1)	Vào	1	% so với công suất định mức
Độ tăng khối động cơ (C_2)	Vào	2	% lượng khối so với mẫu chuẩn
Độ tăng lượng cung cấp nhiên liệu (C_3)	Vào	3	% so với lượng cung cấp nhiên liệu định mức
Áp suất cuối kỳ nén P_c (C_4)	Vào	4	(kG/cm ²)
Áp suất dầu bôi trơn (C_5)	Vào	5	(kG/cm ²)
Độ ồn động cơ (C_6)	Vào	6	(dB)
Trạng thái động cơ	Ra	7	% trạng thái kỹ thuật của động cơ

Bảng 3.2. Bảng giá trị các biến mờ

TT	Khái niệm	Tên khái niệm	Các thông số hàm phụ thuộc			
			α	β	γ	δ
1	Công suất động cơ cao	cao C_1	90	95	100	100
	Công suất động cơ vừa	vua C_1	75	80	90	95
	Công suất động cơ yếu	yeu C_1	60	65	75	80
	Công suất động cơ thấp	thap C_1	55	55	60	65
2	Độ tăng khối động cơ ít	it C_2	0	0	15	25
	Độ tăng khối động cơ vừa	vua C_2	15	25	40	50
	Độ tăng khối động cơ nhiều	nhieu C_2	40	50	65	65
3	Độ tăng lượng cung cấp nhiên liệu ít	it C_3	0	0	10	20
	Độ tăng lượng cung cấp nhiên liệu vừa	vua C_3	10	20	30	40
	Độ tăng lượng cung cấp nhiên liệu nhiều	nhieu C_3	30	40	50	50

4	Áp suất cuối kỳ nén P_c thấp	thap C_4	25	25	28	31
	Áp suất cuối kỳ nén P_c vừa	vua C_4	28	31	34	37
	Áp suất cuối kỳ nén P_c cao	cao C_4	34	37	40	40
5	Áp suất dầu bôi trơn thấp	thap C_5	0	0	0.5	1.5
	Áp suất dầu bôi trơn vừa	vua C_5	0.5	1.5	2.5	3.5
	Áp suất dầu bôi trơn đủ	du C_5	2.5	3.5	4	4
6	Độ ồn động cơ nhỏ	nhoc C_6	40	40	50	60
	Độ ồn động cơ vừa	vua C_6	50	60	70	80
	Độ ồn động cơ lớn	lon C_6	70	80	90	90
7	Trạng thái động cơ hỏng	hong	0	0	5	15
	Trạng thái động cơ rất kém	ratkem	5	15	25	35
	Trạng thái động cơ kém	kem	25	35	45	55
	Trạng thái động cơ vừa	vua	45	55	65	75
	Trạng thái động cơ tốt	tot	65	75	85	95
	Trạng thái động cơ rất tốt	rattot	85	95	100	100

3.6. Bảng luật phù hợp

Để xây dựng các luật điều khiển (gọi là các tập luận) phải dựa vào bản chất vật lý, dựa vào thuật toán chẩn đoán, dựa vào kinh nghiệm chuyên gia... Các tập luận xây dựng được sắp xếp trong một bảng gọi là bảng luật phù hợp. Độ chính xác của tập luận là yếu tố quyết định độ chính xác của kết quả bài toán.

Các giá trị trọng số trong bảng luật phù hợp cho biết luật được chọn phù hợp với giá trị thực tế của luật (tức là đánh giá mức độ chính xác của tập luận được lựa chọn). Trọng số của các yếu tố tùy thuộc vào mục đích chẩn đoán, thường chọn theo kinh nghiệm. Với mục đích chẩn đoán trạng thái kỹ thuật động cơ, để đánh giá mức độ chính xác của tập luận được xây dựng, trong đề tài sử dụng trọng số bằng 1.

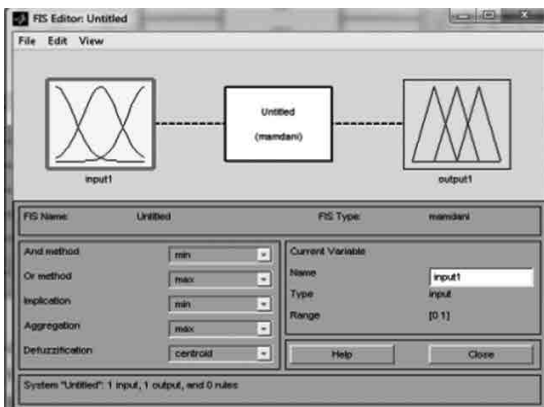
Trạng thái kỹ thuật của động cơ được xác định thông qua các mức độ biểu hiện của triệu chứng. Dựa vào thuật toán logic AND và luật IF — THEN, tác giả đã xây dựng được các tập luận và trình bày trong bảng luật phù hợp (Bảng 3.3).

Bảng 3.3. Bảng luật phù hợp

STT	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	Trạng thái động cơ	Trọng số
1	caoC ₁	itC ₂	itC ₃	caoC ₄	duC ₅	nhoC ₆	rattot	1
2	caoC ₁	itC ₂	itC ₃	caoC ₄	duC ₅	vuaC ₆	rattot	1
3	caoC ₁	itC ₂	itC ₃	vuaC ₄	duC ₅	nhoC ₆	rattot	0.9
...
76	yeuC ₁	nhieuC ₂	nhieuC ₃	thapC ₄	vuaC ₅	lonC ₆	ratkem	1
77	yeuC ₁	nhieuC ₂	nhieuC ₃	vuaC ₄	vuaC ₅	nhoC ₆	ratkem	0.8

3.7. Ứng dụng fuzzy logic trong phần mềm Matlab

Phần mềm fuzzy trong Toolbok của Matlab gồm 5 phần chính được bắt đầu từ màn hình soạn thảo (Hình 3.1).



Hình 3.1. Màn hình soạn thảo Fuzzy-logic

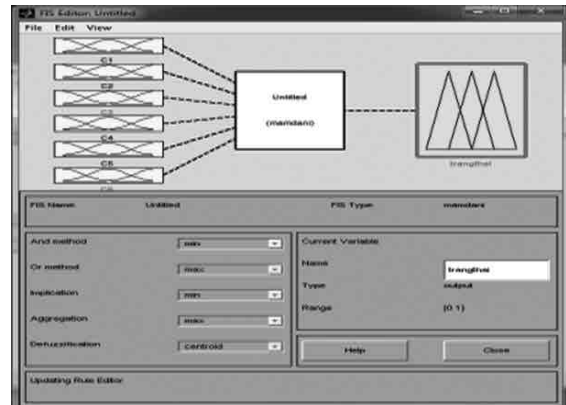
- FIS Editor: nhập số lượng biến vào, ra.
- Membership Funtion Editor: xây dựng các biến vào, ra.
- Membership Funtion Editor: xây dựng các biến vào, ra.
- Ruler Editor: xây dựng các luật điều khiển.
- Ruler View: cho ra kết quả ứng với các giá trị đầu vào.
- Surface View: quan hệ giữa các biến vào, ra thông qua luật điều khiển.

1. Nhập số lượng biến vào, ra (FIS EDITOR).

Các biến đầu vào: input1, input2, input3, input4, input5, input6

Biến ra: output

Tên các biến được đặt phù hợp với bài toán đặt ra, tên của các biến được đặt trong ô Name của cửa sổ FIS type. Tương ứng ta có các biến đầu vào là công suất động cơ (C₁), độ tăng khối của động cơ (C₂), độ tăng lượng cung cấp nhiên liệu (C₃), áp suất cuối kỳ nén Pc (C₄), áp suất dầu bôi trơn (C₅), độ ồn động cơ (C₆), biến đầu ra là trạng thái kỹ thuật của động cơ. Kích chuột vào từng biến vào và biến ra trên màn hình chính để đặt tên các biến. Sau khi đặt tên các biến màn hình soạn thảo sẽ có dạng như Hình 3.2.



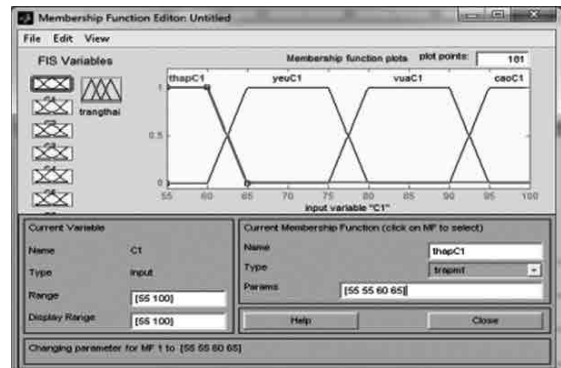
Hình 3.2. Giao diện màn hình soạn thảo xác định số biến vào và biến ra

2. Xây dựng các biến vào, ra (MEMBERSHIP FUNCTION EDITOR).

* Xây dựng biến vào

Biến công suất động cơ (Hình 3.3).

- Tên biến: C₁
- Số lượng tập mờ: 4
- Dạng hàm phụ thuộc: hình thang
- Miền giá trị: từ (55 ÷ 100)%
- Tên các tập mờ: thapC₁, yeuC₁, vuaC₁, caoC₁.

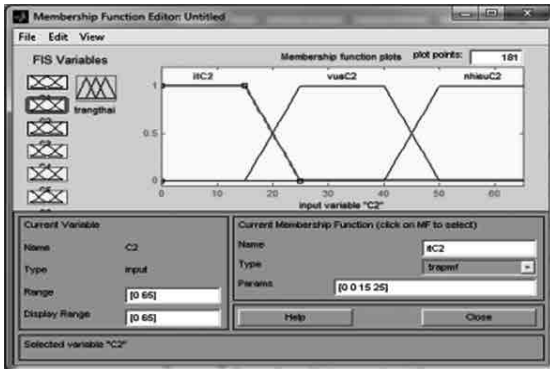


Hình 3.3. Biến công suất động cơ

Biến độ tăng khối động cơ (Hình 3.4)

- Tên biến: C₂
- Số lượng tập mờ: 3
- Dạng hàm phụ thuộc: hình thang
- Miền giá trị: từ (0 ÷ 65)%

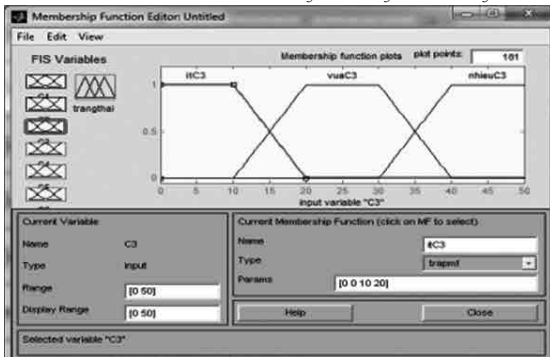
- Tên các tập mờ: itC_2 , $vuaC_2$, $nhieuC_2$



Hình 3.4. Biến độ tăng khối động cơ

Biến độ tăng lượng cung cấp nhiên liệu (Hình 3.5)

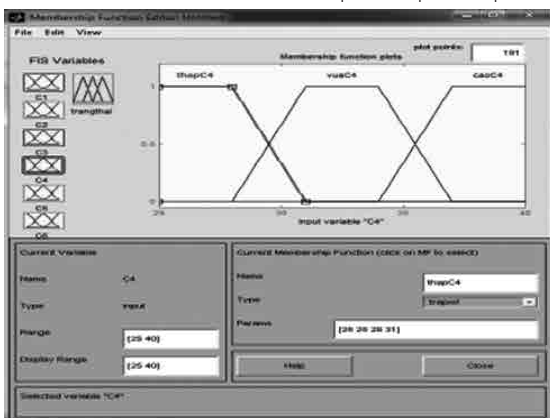
- Tên biến: C_3
 - Số lượng tập mờ: 3
 - Dạng hàm phụ thuộc: hình thang
 - Miền giá trị: từ $(0 \div 50)\%$
 - Tên các tập mờ: itC_3 , $vuaC_3$, $nhieuC_3$



Hình 3.5. Biến độ tăng lượng cung cấp nhiên liệu

Biến áp suất cuối kỳ nén P_c (Hình 3.6)

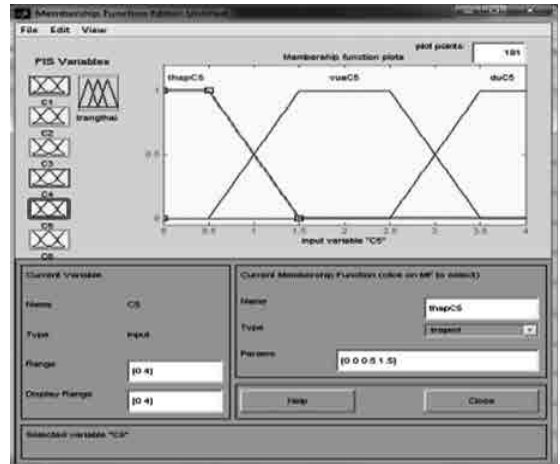
- Tên biến: C_4
 - Số lượng tập mờ: 3
 - Dạng hàm phụ thuộc: hình thang
 - Miền giá trị: từ $(25 \div 40)kG/cm^2$
 - Tên các tập mờ: $thapC_4$, $vuaC_4$, $caoC_4$



Hình 3.6. Biến áp suất cuối kỳ nén P_c

Biến áp suất dầu bôi trơn (Hình 3.7)

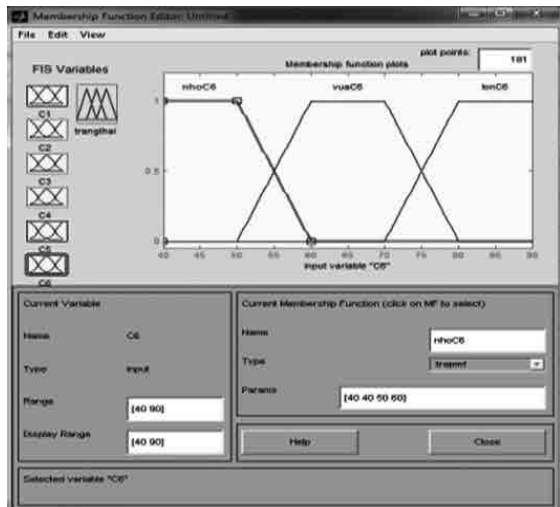
- Tên biến: C_5
 - Số lượng tập mờ: 3
 - Dạng hàm phụ thuộc: hình thang
 - Miền giá trị: từ $(0 \div 4)kG/cm^2$
 - Tên các tập mờ: $thapC_5$, $vuaC_5$, duC_5



Hình 3.7. Biến áp suất dầu bôi trơn

Biến độ ổn động cơ (Hình 3.8)

- Tên biến: C_6
 - Số lượng tập mờ: 3
 - Dạng hàm phụ thuộc: hình thang
 - Miền giá trị: từ $(40 \div 90)dB$
 - Tên các tập mờ: $nhocC_6$, $vuaC_6$, $lonC_6$



Hình 3.8. Biến độ ổn động cơ

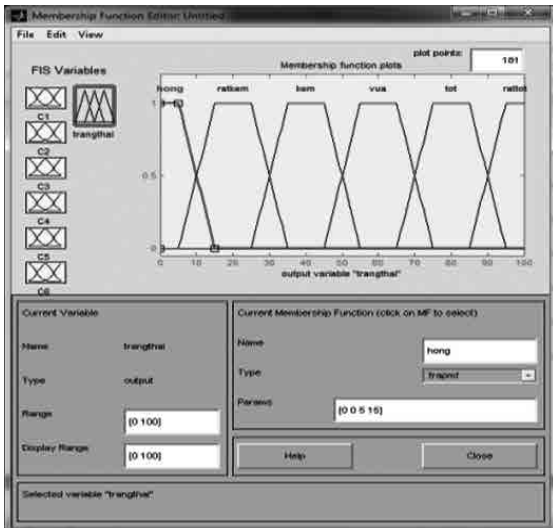
*** Xây dựng biến ra**

Có hai cách chọn biến ra, đơn giản nhất có thể chọn biến ra là một tập đơn trị (Single ton) có giá trị từ 0 ÷ 1. Để đảm bảo độ chính xác của kết luận về tình trạng kỹ thuật của động cơ, chọn biến ra có dạng hàm phụ thuộc hình thang, số lượng tập

mờ lớn, được chia thành các khoảng trong miền giá trị từ 0 ÷ 100% (rattot, tot, vua, kem, ratkem, hong).

Biến trạng thái kỹ thuật của động cơ (Hình 3.9)

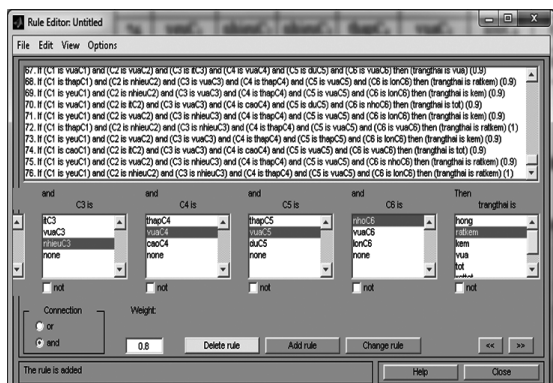
- Tên biến: trangthai
- Số lượng tập mờ: 6
- Dạng hàm phụ thuộc: hình thang
- Miền giá trị: trên hình là từ (0 ÷ 100)%
- Tên các tập mờ: rattot, tot, vua, kem, ratkem, hong.



Hình 3.9. *Biến trạng thái kỹ thuật của động cơ*

3. Xây dựng các luật điều khiển (RULER EDITOR)

Các luật điều khiển được chọn theo bảng luật phù hợp đã xây dựng (Bảng 3.3). Nếu số lượng luật điều khiển quá lớn thì ảnh hưởng đến tốc độ tính toán và bộ nhớ, còn nếu số lượng luật điều khiển quá ít thì không điều khiển được hoặc cho ra kết quả không chính xác. Do vậy, thường chọn những luật điều khiển hay xảy ra nhất. Bảng các tập luật được xây dựng trên phần mềm Matlab có kết quả và hiển thị trên màn hình soạn thảo như (Hình 3.10).



Hình 3.10. *Bảng các tập luật điều khiển*

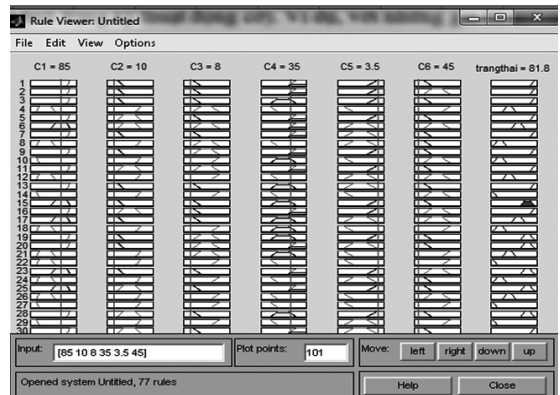
4. Cho ra kết quả ứng với các giá trị đầu vào (RULE VIEW)

Sau khi hoàn thành việc xây dựng bảng các tập luật điều khiển, phần mềm Matlab sẽ xử lý, ứng với mỗi giá trị của các biến vào sẽ cho ra kết quả “nét” của biến ra (kết quả % của tình trạng kỹ thuật động cơ). Ví dụ, với những giá trị nét của các biến vào như trong Bảng 3.4, dựa vào tập luật điều khiển đã xây dựng, fuzzy logic trong phần mềm Matlab đã xử lý và cho ra kết quả giá trị biến ra là trạng thái kỹ thuật của động cơ.

Bảng 3.4. *Giá trị “nét” của các biến mờ*

Giá trị các biến mờ						Trạng thái động cơ (%)
C ₁ (%)	C ₂ (%)	C ₃ (%)	C ₄ (kG/cm ²)	C ₅ (kG/cm ²)	C ₆ (dB)	
85	10	8	35	3.5	45	81.8

Hình 3.11 là giao diện màn hình của phần mềm Matlab thể hiện kết quả chẩn đoán. Ứng với các giá trị của các biến vào như trong Bảng 3.4, nhờ fuzzy logic trong Matlab xử lý, đã cho kết quả giá trị của biến ra là trạng thái kỹ thuật động cơ ở mức 81.8%. Với kết quả này ta có thể kết luận động cơ ở trạng thái tốt.



Hình 3.11. *Giao diện màn hình thể hiện kết quả chẩn đoán*

Kết luận

Kết quả chẩn đoán trên cho thấy, việc sử dụng fuzzy logic trong phần mềm Matlab/Simulink cho phép sử dụng lượng thông tin đa dạng, quá trình đánh giá chất lượng được “mềm hóa” và có khả năng bám sát sự thay đổi của các thông số trong thực tiễn. Nhờ thuật toán suy luận trong fuzzy logic, cho phép xác định khá chính xác trạng thái kỹ thuật cụ thể của động cơ, biểu hiện qua kết quả khoảng % chất lượng. Ngoài việc đánh giá được trạng thái kỹ thuật chung của động cơ, logic mờ còn cho phép chẩn đoán theo hướng các dạng hư hỏng cụ thể. Điều này khẳng định việc ứng dụng logic và logic mờ vào việc chẩn đoán là hoàn toàn hiệu quả.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Đào Chí Cường, Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu cho hệ thống chẩn đoán động cơ diesel dung trong nông nghiệp, nông thôn Việt Nam. *Luận án tiến sĩ kỹ thuật*, trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội, 2011.
- [2]. Nguyễn Khắc Trai. *Kỹ thuật chẩn đoán Ôtô*, NXB Giao thông vận tải, 2004.
- [3]. Bùi Hải Triều. *Một số vấn đề mới về chẩn đoán Ôtô-Máy kéo*, Trường đại học Nông Nghiệp I Hà Nội, 2002.
- [4]. Mogens Blanke, Michel Kinnaert, Jan Lunze, Marcel Staroswiecki. *Diagnosis and Fault-Tolerant Control*, Lyngby - Brussels - Bochum - Lille, 2006.

DIAGNOSIS TECHNICAL STATUS OF THE ENGINE BY FUZZY LOGIC

Abstract:

The application of fuzzy logic in control problems has been studied and used extensively. However, in the field of technical diagnostics, the study, application of fuzzy logic is very limited. This paper presents the results of research, application of fuzzy logic in the diagnosis and assessment of technical status of internal combustion engines. Research shows that the application of fuzzy logic to diagnose technical state of the engine is very convenient, fast and effective. The accuracy of the diagnostic results in fuzzy logic depends on the correct selection of diagnostic parameters, dependent functions, and rationalized logics. The use of fuzzy logic in diagnostics is particularly effective for the mechanical part of the engine.

Keywords: *fuzzy logic, Status diagnosis.*